

## Revisão Sistemática sobre Avaliação dos Impactos das Hidrelétricas na Qualidade de Água da Bacia do Rio Itabapoana - Região Hidrográfica IX

### *Assessment of the Impacts of Hydroelectric Power Plants on the Water Quality of the Itabapoana River - Hydrographic Region IX*

**Flávia Chrysóstomo Silva – Doutoranda, Instituto Federal Fluminense/AmbHidro.**

flavia.chrysostomo@gsuite.iff.edu.br

**Thiago Moreira de Rezende Araújo – Doutor, Instituto Federal Fluminense/AmbHidro.**

thiago\_uenf@yahoo.com.br

**Vicente de Paulo Santos de Oliveira – Doutor, Instituto Federal Fluminense/AmbHidro.**

vicentepsoliveira@gmail.com

#### **Resumo**

O estudo consiste em uma revisão sistemática baseada em trabalhos científicos publicados, com objetivo de identificar os parâmetros mais utilizados na avaliação dos impactos ambientais causados após a implantação de hidrelétricas, em especial relacionados à qualidade da água. As buscas das informações científicas foram feitas nas bases Scopus, Web of Science, IEEE e EBSCO. Os parâmetros mais frequentes em análises físico-químicas de amostras de água nos estudos avaliados foram pH, temperatura e oxigênio dissolvido. Os parâmetros microbiológicos foram coliformes (totais, fecais e termotolerantes), bactérias aeróbias e anaeróbias.

**Palavras-chave:** Impacto sinérgico; Parâmetros da água; Impacto ambiental

#### **Abstract**

*The study consists of a systematic review based on published scientific works, with the objective of identifying the parameters most used in the assessment of environmental impacts caused after the implementation of hydroelectric plants, especially those related to water quality. The searches for scientific information were carried out in the Scopus, Web of Science, IEEE and EBSCO databases. The most frequent parameters in physical-chemical analyzes of water samples in the studies evaluated were pH, temperature and dissolved oxygen. The microbiological parameters were coliforms (total, fecal and thermotolerant), aerobic and anaerobic bacteria.*

**Keywords:** Synergistic impact; Water parameters; Environmental impact

## 1. Introdução

A energia hídrica sempre foi a principal fonte de fornecimento de energia elétrica no Brasil. Devido às primeiras necessidades energéticas do desenvolvimento industrial e urbano, principalmente no estado do Rio de Janeiro, no início do século XX, foram feitos os primeiros investimentos na construção de barragens e as usinas vieram a compor o complexo produtor de energia da Light SA, caracterizado pela transposição de água do Rio Paraíba Sul para o Rio Guandu (CERHI & INEA, 2014b).

Há muito se fala que a produção de energia através de hidrelétricas não gera impactos ambientais negativos no meio ambiente, mas muitos estudos têm demonstrado que essa forma de geração de energia, antes considerada “energia limpa”, pode causar sérios impactos ambientais não apenas durante a construção, como também durante o funcionamento (INATOMI e UDAETA, 2011).

Entre os problemas ambientais identificados e amplamente conhecidos tem-se a alteração da paisagem, seja pela instalação de usinas hidrelétricas e represas, como também pelas linhas de transmissão de energia; o manejo inadequado de resíduos sólidos e líquidos, as alterações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas; a interrupção do fluxo dos cursos de água e diminuição da vazão através da instalação de barragens e represas; a geração de campos magnéticos pelas torres de alta tensão, contaminação sonora, desmatamento e os riscos de deslizamento. A construção de represas pode ter impactos ambientais, sociais e econômicos nas áreas de influência, causando alterações na vida aquática e terrestre, além de afetar a cultura e a riqueza histórica da região (GIUSTI, 2005).

A qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento do efeito que seus constituintes podem causar no meio ambiente e na saúde dos seres humanos, os diferentes usos da água exigem diferentes padrões de qualidade. A Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) traz as diretrizes para a realização do enquadramento dos corpos hídricos, onde a água doce é dividida em classes, quanto maior o número da classe, menos restritivo é o uso a que ela pode se destinar (CINTRA et al, 2020).

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) realiza o monitoramento qualitativo e quantitativo, a nível estadual. Para auxiliar sua gestão, as regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro foram divididas em nove Regiões Hidrográficas, de acordo com a Resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013, a porção fluminense da bacia do Rio Itabapoana foi incluída, bem como o município de Bom Jesus do Itabapoana.

Há que se considerar os benefícios gerados pelas hidrelétricas, no entanto é preciso ter conhecimento e dimensionamento dos impactos causados desde a fase de implantação até a sua operação. Considerando o alto potencial energético desta região, este trabalho realiza uma revisão sobre os impactos gerados pela construção das hidrelétricas e busca responder algumas questões para auxiliar na pesquisa desenvolvida na Bacia do Rio Itabapoana - Região Hidrográfica IX:

- Quais as ferramentas utilizadas para avaliação da qualidade da água com o impacto da instalação das hidrelétricas?
- Quais métodos utilizados para avaliação da qualidade da água com o impacto das instalações das hidrelétricas?
- Quais foram os principais parâmetros de qualidade de água analisados na avaliação da qualidade da água para avaliar o impacto das instalações das hidrelétricas?

## 2. Procedimentos Metodológicos

O estudo pretende identificar os impactos ambientais sinérgicos a partir do funcionamento de hidrelétricas. Para alcançar tal objetivo utilizou-se da revisão de literatura, identificando as principais perspectivas sobre o assunto.

O processo de revisão de literatura demanda uma síntese dos tópicos e conhecimentos abordados nos estudos, a fim de permitir a compreensão sobre o conhecimento. A revisão da literatura é o início da construção do conhecimento científico, pois é através desse processo que são elaboradas novas teorias, são identificadas lacunas e oportunidades para pesquisas num assunto específico (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011).

O método utilizado nesta pesquisa foi baseado em uma revisão sistemática, a partir da elaboração de perguntas, bem como do uso do anagrama PICOC (*Population Intervention Comparison Outcome Context*) O estudo foi feito a partir do levantamento de dados realizados no espaço temporal entre 2010 e 2021 (11 anos), visando analisar pesquisas mais recentes e eliminar estudos já ultrapassados.

Para a seleção literária científica, inicialmente foram escolhidas as bases de pesquisa Scopus, Web of Science, IEEE e EBSCO e definidas as palavras-chave hidrelétrica, modelagem, qualidade da água e impacto ambiental.

Em seguida definiu-se o tesouro ("water quality") AND ("environmental impact") AND ("hydroelectric") e realizou-se as buscas nas bases de pesquisa. Na Tabela 1 estão os resultados encontrados em cada base.

**Tabela 1** - Quantitativo de trabalhos por base de pesquisa.

Nome	URL	Quantidade
Scopus	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	139
Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com">http://www.webofscience.com</a>	13
Biblioteca Digital IEEE	<a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a>	4
EBSCO	<a href="https://www.ebsco.com">https://www.ebsco.com</a>	11
<b>TOTAL</b>		<b>167</b>

Fonte: Autores.

Após a obtenção dos dados, os trabalhos foram analisados com o auxílio do Parsifal (Perform Systematic Literature Reviews) e planilhas eletrônicas contidas no software Excel (MICROSOFT OFFICE,2010). Com auxílio de ambos, foi possível fazer a análise de exclusão e identificação de duplicatas.

Os critérios de inclusão utilizados foram trabalhos completos na área de estudo, idiomas português, inglês e espanhol. E os critérios de exclusão foram trabalhos sem acesso completo, estudos anteriores a 2010, temas diferentes da área de estudo, idiomas diferentes de português, inglês e espanhol.

Dessa forma, utilizando os critérios de elegibilidade, foram selecionados os trabalhos a serem lidos completamente. Logo após, foram elaboradas as tabelas de localização e intervenção.

Na Figura 1 é apresentado o prisma dos passos metodológicos adotados.

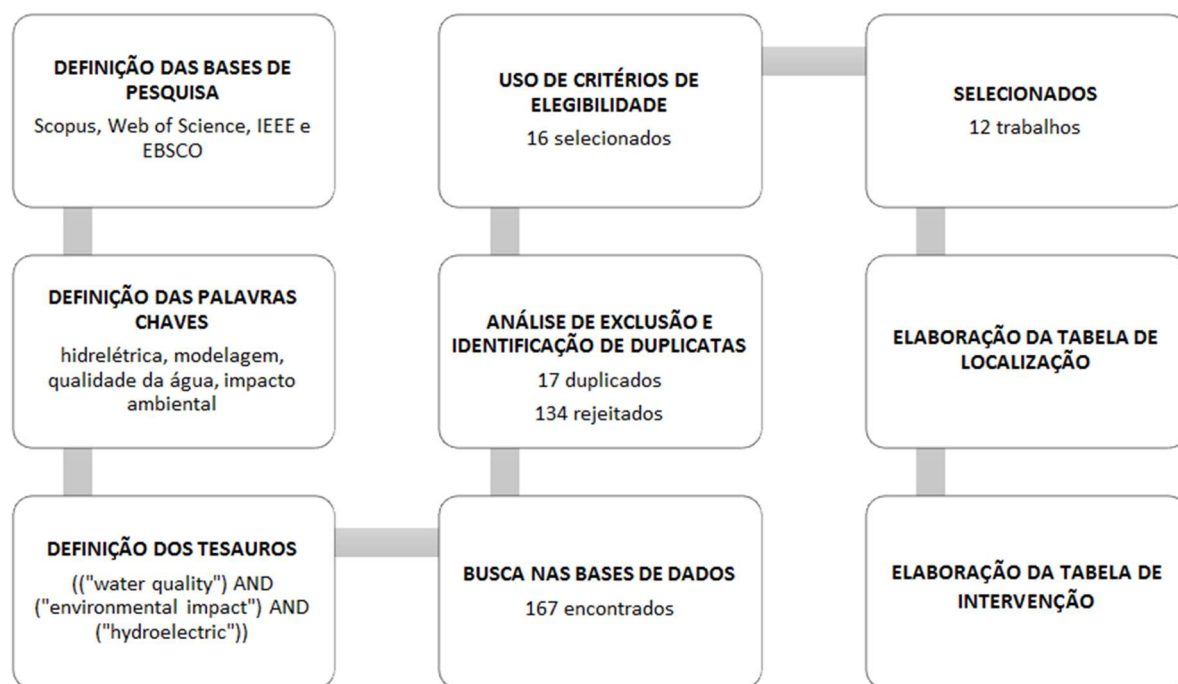


Figura 1 - Fluxograma da metodologia adotada. Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3. Resultados

#### 3.1. Resultados Qualitativos e Quantitativos

A análise das obras incluídas nesta revisão permitiu a obtenção de um panorama descritivo das publicações mais relevantes indexadas às bases de dados Web of Science, IEEE e EBSCO. Na Tabela 2, são apresentadas informações gerais sobre os estudos incluídos na análise.

Tabela 2 - Localização dos Artigos.

N	Título	Ano	Autor	Local	Instituição	Quantil
1	Water parameters evolution in a hydroelectric site	2010	Bucur, D.M. and Bunea, F. and Ciocan Dan, G. and Băran, G. and Isbășoiu, E.C.	Romênia	Environmental Romênia E.C. Engineering and Management	Q3
2	Hydroelectric potential and environmental effects of multistage hydropower projects in Turkey	2010	Mehmet Berkun	Turquia	Energy for Sustainable Development	Q1
3	A review of the potential water quality impacts of tidal renewable energy systems	2012	Kadiri, M. and Ahmadian, R. and Bockelmann-Evans, B. and Rauen, W. and Falconer, R.	Reino Unido	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Q1
4	Hydropower in Brazil: Overview of positive and negative environmental aspects	2012	Von Sperling, E.	Brasil	Energy Procedia	N/A

5	Avaliação do Impacto de Pequena Central Hidrelétrica na Qualidade de Água do Rio Itabapoana Através de um Modelo Computacional	2016	Lugon Jr, Jader and Ribeiro Costa, Victor Thauan and Watts Rodrigues, Pedro Paulo Gomes	Brasil	Revista Ciência e Natura	N/A
6	Qualidade da Água do rio Itabapoana: Boletim do Análise dos Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos e Influência de Empreendimentos Hidrelétricos	2017	Ednilson Gomes Souza Junior, Vicente De Paulo Santos de Oliveira	Brasil	Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego	N/A
7	Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental	2017	Medeiros de Abreu, Carlos Henrique and Cunha, Alan Cavalcanti	Brasil	Engenharia Sanitária e Ambiental	Q3
8	The Environmental Impact Study of Micro Hydro Power in Pekalongan Indonesia	2018	Suwarto and Hadi, S.P. and Hermawan	Indonésia	E3S Web of Conferences	N/A
9	Hydroelectricity In Nigeria: A Review Of The Associated Environmental Impact	2019	Aboi, Godwin and Ali, Nyangwarimam Obadiah and Ukiwe, Ezechukwu Kalu and Thomas, Sadiq and Oshiga, Omotayo and Jonathan, Dangwaran B.	Nigéria	International Conference on Electronics, Computer and Computation	N/A
10	Evidence-based indicator approach to guide preliminary environmental impact assessments of hydropower development	2020	McManamay, R.A. and Parish, E.S. and DeRolph, C.R. and Witt, A.M. and Graf, W.L. and Burtner, A.	Estados Unidos	Journal of Environmental Management	Q1
11	Simulating Hydropower Discharge using Multiple Decision Tree Methods and a Dynamical Model Merging Technique	2020	Yang, T. and Liu, X. and Wang, L. and Estados Bai, P. and Li, J.	Estados Unidos	Journal of Resources Planning and Management	Q1
12	Shaping changes in the ecological status of watercourses within barrages with hydropower schemes	2020	Tomczyk, P. and Wiatkowski, M.	Polónia	Archives of Environmental Protection	Q2

Fonte: Autores.

Os parâmetros de qualidade da água analisados, os métodos e as ferramentas utilizadas nos trabalhos científicos da revisão sistemática estão listados na Tabela 3.

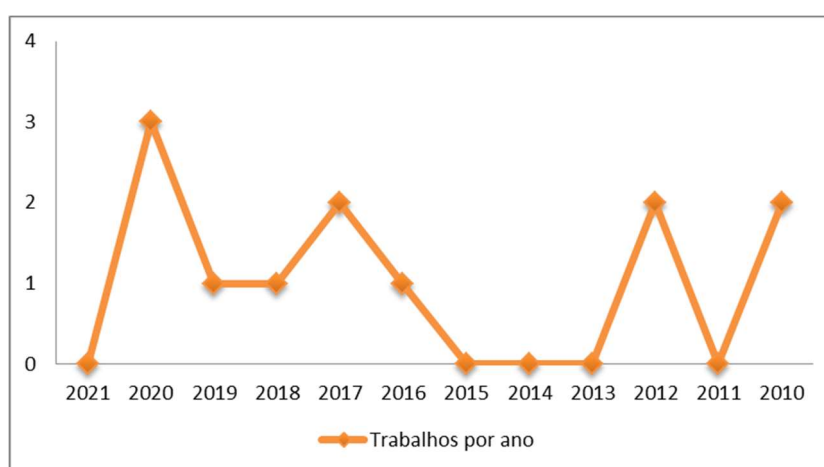
**Tabela 3 – Intervenção dos artigos.**

N	Autor	Método utilizado	Ferramentas utilizadas	Parâmetros analisados
1	Bucur, D.M. and Bunea, F. and Ciocan Dan, G. and Băran, G. and Isbăsoiu, E.C.	Coleta de amostras e ensaios	Análises laboratoriais	Oxigênio dissolvido, pH, cloro e manganês
2	Mehmet Berkun	Pesquisa Bibliográfica	Revisão de literatura	Parâmetros econômicos, sociais e ambientais, emissão de carbono, transporte de sedimentos, vazão
3	Kadiri, M. and Ahmadian, R. and Bockelmann-Evans, B. and Rauhen, W. and Falconer, R.	Modelagem	Modelo Bidimensional, Ensaios Laboratoriais	Oxigênio dissolvido, salinidade, concentração de sedimentos em suspensão, nutrientes, metais e patógenos
4	Von Sperling, E.	Pesquisa Bibliográfica	Revisão de literatura	Turbidez, transparência da água, sedimentação de nutrientes, processos de eutrofização, emissões de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O
5	Lugon Jr, Jader and Ribeiro Costa, Victor Thauan and Watts Rodrigues, Pedro Paulo Gomes	Modelagem	MOHID GIS	Amônia, clorofila e oxigênio dissolvido
6	Ednilson Gomes Souza Junior, Vicente De Paulo Santos de Oliveira	Coleta de amostras e ensaios	Análises laboratoriais	Oxigênio dissolvido, sólidos totais disponíveis, turbidez, pH, condutividade elétrica e coliformes termotolerantes
7	Medeiros de Abreu, Carlos Henrique and Cunha, Alan Cavalcanti	Coleta de amostras e ensaios	Análises laboratoriais	Oxigênio dissolvido, cor, turbidez, condutividade elétrica, NH <sub>3</sub> P, pH, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Cl <sup>-</sup> , coliformes termotolerantes (CT) <i>Escherichia coli</i> e <i>Clorofila-a</i> , <i>E. Coli</i>
8	Suwarto and Hadi, S.P. and Hermawan	Método Qualitativo	Entrevistas, observações e análises laboratoriais	pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio, temperatura, ruído
9	Aboi, Godwin and Ali, Nyangwarimam Obadiah and Ukiwe, Ezechukwu Kalu and Thomas, Sadiq and Oshiga, Omotayo and Jonathan, Dangwaran B.	Método Qualitativo	Entrevistas, questionários e observações	Inundações, impacto da fauna e da vida aquática, oxigênio dissolvido, presença de poluentes na água, emissão de observações gases
10	McManamay, R.A. and Parish, E.S. and DeRolph, C.R. and Witt, A.M. and Graf, W.L. and Burtner, A.	Método Qualitativo	Questionários com protótipo de suporte à decisão	Presença de algas, oxigênio dissolvido, temperatura, emissão de gases, turbidez, condutividade, nutrientes e material orgânico, gases dissolvidos, biodiversidade, vegetação

11	Yang, T. and Liu, X. and Wang, L. and Estados Bai, P. and Li, J.	Método de tomada de decisão	Método Dmerge	Temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez da água
12	Tomczyk, P. and Wiatkowski, M.	Pesquisa Bibliográfica	Revisão de literatura	Vazão, processos erosivos, teor de oxigênio dissolvido, temperatura e turbidez

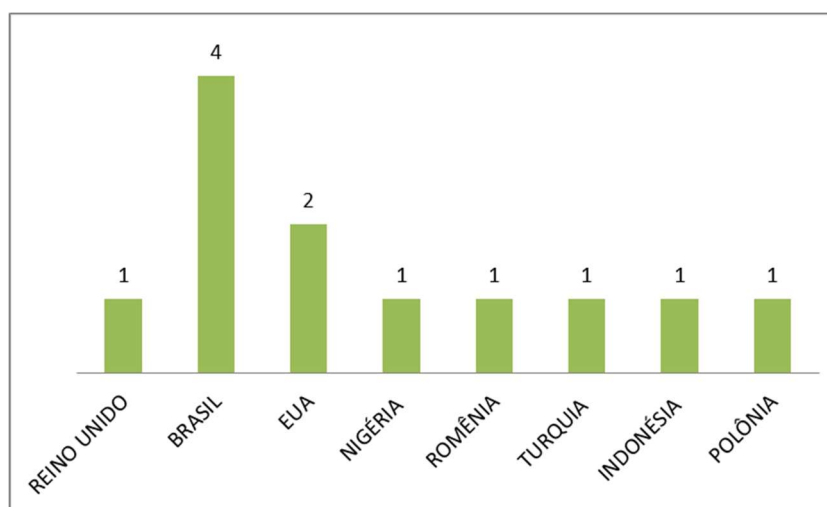
Fonte: Autores.

Na Figura 2 foram relacionados os trabalhos por ano. Observa-se que o ano que aconteceram mais publicações sobre o tema foi 2020. Em 2017 e 2012 também houve uma quantidade relevante de publicações. Já entre 2013 e 2015, apenas um artigo foi publicado.



**Figura 2** - Quantitativo de trabalhos por ano. Fonte: Elaborada pelos autores.

Esta revisão sistemática analisou artigos de diferentes regiões do mundo. Pode-se ter uma visão geral das pesquisas realizadas em cada país, conforme mostrado na Figura 3. Analisando-se é possível observar uma maior concentração de pesquisas desenvolvidas no Brasil, onde a principal fonte de energia é hidráulica, proveniente das usinas hidrelétricas.



**Figura 3** - Quantitativo de trabalhos por país. Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4. Conclusões

A partir dos dados observacionais e dos resultados analisados na revisão sistemática, pode-se concluir que o impacto da construção da usina hidrelétrica é significativo e cabe aos gestores do empreendimento fazer uso racional desses recursos, pois o impacto global pode ser minimizado através de um planejamento e execução sustentáveis.

Os problemas ambientais identificados foram modificação da paisagem, manejo inadequado de resíduos sólidos e líquidos, alterações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas, interrupção do fluxo dos cursos de água e diminuição da vazão através da instalação de barragens e represas, geração de campos magnéticos pelas torres de alta tensão, poluição sonora, desmatamento e os riscos de deslizamento.

Em relação às ferramentas empregadas para a avaliação da qualidade da água, foram ensaios laboratoriais, modelos computacionais e revisão de literatura. Os métodos para a avaliação dos parâmetros da qualidade da água incluíram coletas de amostras, ensaios, modelagem e pesquisa bibliográfica.

Dentre os trabalhos selecionados para a elaboração da presente pesquisa, concluiu-se que os principais parâmetros analisados para avaliar os impactos ambientais das hidrelétricas na qualidade da água são oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez, pH, coliformes (totais, fecais e termotolerantes), bactérias aeróbias e anaeróbias.



## Referências

- [1] BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Revista Eletrônica Gestão e Sociedade*, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121–136, 2011. Disponível em: <https://www.gestoesociedade.org/gestoesociedade/article/view/1220>. Acesso em: 10 dez. 2021.
- [2] CINTRA, L. S., OLIVEIRA, C. R. de, COSTA, B.B.P., COSTA, D.A., OLIVEIRA, V.P.S., ARAÚJO, T.M.R. (2020). Monitoramento de parâmetros de qualidade da água do Rio Paraíba do Sul em Campos Dos Goytacazes – RJ. *Holos*. 36(5), 1-16.
- [3] Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERHI; Instituto Estadual do Ambiente – INEA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. Documento elaborado pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC. Laboratório de Hidrologia e Estudos Ambientais (LabHid). Rio de Janeiro: LabHid, 2014a.
- [4] GIUSTI, M. del C. H. Conflictos Ambientales en la Gestión del Santuario Historico de Machupicchu: El Caso de la Instalación y Manejo de la Central Hidroeléctrica Machupicchu. 2005. 189f. Tese (Master en Ciencias Sociales con Mencion en Gestion Ambiental y Desarrollo)- Escuela Andina de Post-Grado Maestria en Gestion Ambiental y Desarrollo. Cusco, 2005.
- [5] INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. Análise Dos Impactos Ambientais na Produção de Energia Dentro do Planejamento Integrado de Recursos. Seção de estudos estratégicos de energia e de desenvolvimento sustentável do GEPEA/EPUSP, p. 14. 2011.
- [6] Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Gestão da Qualidade das Águas. Acessado em 27 de maio de 2021 em: <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/>
- [7] Lei Estadual nº 3.239, de 2 de agosto de 1999, institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Acessado em 27 de maio de 2021 em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/43fd110fc03f0e6c032567c30072625b>
- [8] MAGRINI, Alessandra. Metodologia de Avaliação Ambiental. O caso das Usinas Hidrelétricas. Tese de doutorado. Rio de Janeiro, UFRJ, COPPEAD, 1992.
- [9] Resolução CERHI-RJ Nº 107 de 22 de maio de 2013. Aprova nova definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Acessado em 27 de maio de 2021 em: <http://www.comiteguandu.org.br/conteudo/Resolucao-CERHI-107.pdf>
- [10] Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005 (2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- [11] SOUZA JR, E. G. Análise do Potencial Hidrelétrico e Caracterização Físico-Química e Microbiológica do Rio Itabapoana, Sudeste Brasileiro - Dissertação de Mestrado. IFFluminense, Campos dos Goytacazes/RJ, 2015.

- [12] Abreu, Carlos Henrique Medeiros de e Cunha, Alan Cavalcanti. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [online]. 2017, v. 22, n. 01 [Acessado 13 Fevereiro 2022] , pp. 45-56. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522016144803>>. Epub 13 Out 2016. ISSN 1809-4457. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016144803>.
- [13] Berkun, Mehmet. (2010). Hydroelectric potential and environmental effects of multidam hydropower projects in Turkey. *Energy for Sustainable Development*. 14. 320-329. 10.1016/j.esd.2010.09.003.
- [14] Bucur, Diana & Florentina, Bunea & Ciocan, Gabriel & Baran, Gheorghe & Isbasoiu, Eugen. (2010). Water parameters evolution in a hydroelectric site. *Environmental engineering and management journal*. 9. 1539-1542. 10.30638/eemj.2010.209.
- [15] G. Aboi, N. O. Ali, E. K. Ukiwe, S. Thomas, O. Oshiga and D. B. Jonathan, "Hydroelectricity In Nigeria: A Review Of The Associated Environmental Impact," 2019 15th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICECCO48375.2019.9043290.
- [16] Junior, Ednilson & Oliveira, Vicente De Paulo. (2017). Qualidade da Água do rio Itabapoana: Análise dos Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos e Influência de Empreendimentos Hidrelétricos. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*. 11. 29. 10.19180/2177-4560.v11n12017p29-41.
- [17] Kadiri, Margaret & Ahmadian, Reza & Bockelmann-Evans, Bettina & Rauen, William & Falconer, Roger. (2012). A review of the potential water quality impacts of tidal renewable energy systems. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 16. 329-341. 10.1016/j.rser.2011.07.160.
- [18] Lugon Jr, Jader, Thauan Ribeiro Costa, Victor, Gomes Watts Rodrigues, Pedro Paulo Avaliação do Impacto de Pequena Central Hidrelétrica na Qualidade de Água do Rio Itabapoana através de um Modelo Computacional. *Ciência e Natura [em linha]*. 2016, 38(1), 95-105[*fecha de Consulta 27 de Enero de 2022*]. ISSN: 0100-8307. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546196008>
- [19] McManamay, Ryan & Parish, Esther & DeRolph, Christopher & Witt, Adam & Graf, William & Burtner, Alicia. (2020). Evidence-based indicator approach to guide preliminary environmental impact assessments of hydropower development. *Journal of Environmental Management*. 265. 110489. 10.1016/j.jenvman.2020.110489.
- [20] Silva, B.L.A.. (2015). Case Study: Hydroelectric Generation Employing The Water Distribution Network In Pato Branco, Brazil. 10.13140/RG.2.1.5072.7529.
- [21] Sperling, Eduardo. (2012). Hydropower in Brazil: Overview of Positive and Negative Environmental Aspects. *Energy Procedia*. 18. 110–118. 10.1016/j.egypro.2012.05.023.
- [22] Suwanto, & Hadi, Sudharto & Hermawan,. (2018). The Environmental Impact Study Of Micro Hydro Power In Pekalongan Indonesia. *E3S Web of Conferences*. 31. 08007. 10.1051/e3sconf/20183108007.
- [23] Tomczyk, Paweł & Wiatkowski, Mirosław. (2020). Shaping changes in the ecological status of watercourses within barrages with hydropower schemes - Literature review. *Archives of Environmental Protection*. 46. 78-94. 10.24425/aep.2020.135767.
- [24] Yang, Tiantian, Liu, Xiaomang, Wang, Lingling, Bai, Peng, and Li, Jingjing. Simulating Hydropower Discharge using Multiple Decision Tree Methods and a Dynamical Model

Merging Technique. United States: N. p., 2020. Web. doi:10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001146.